

$$P = 41,26 - 0,705 \cdot V_t + 0,00589 \cdot V_t^2 + 2,72 \cdot dV - 0,0416 \cdot V_t \cdot dV + 0,000142 \cdot V_t^2 \cdot dV + 0,00369 \cdot DV^2 + 0,278 \cdot Mä$$

€
tunti
tonni
henkilö
kilometri
ajoneuvo
onnettomuus

Tieliikenteen ajokustannusten laskenta 2010

Jukka Ristikartano

Tieliikenteen ajokustannusten laskenta 2010

Liikenneviraston ohjeita 22/2010

Liikennevirasto
Helsinki 2010

Kannen kuvat: Visual Skilla

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-255-040-8

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 020 637 373

Suunnittelun ohjaus

Vastaanottaja
Liikenneviraston toimialat ja
ELY-keskukset

Säädösperusta
MTL 109 §

Korvaa/muuttaa
TIEH 2100038-05

Kohdistuvuus
Liikennevirasto, ELY-keskukset

Voimassa
15.3.2011

Asiasanat

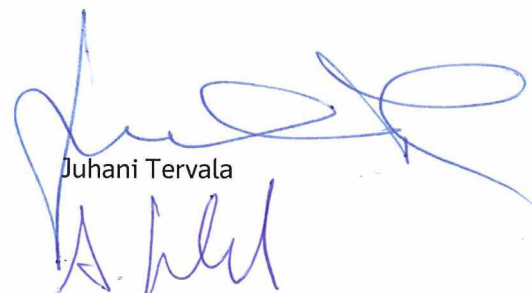
ajokustannukset, ajoneuvokustannukset, aikakustannukset, onnettomuuskustannukset, ympäristökustannukset, hankearviointi

Tieliikenteen ajokustannusten laskenta 2010

Tieliikenteen ajokustannukset laskenta -ohjeessa on esitetty tieliikenteen ajokustannusten laskentaan liittyvät laskentamallit ja esitetty yksinkertaistettu esimerkki kannattavuuslaskelmasta. Ohje on tarkoitettu ensisijaisesti Liikenneviraston ja ELY-keskusten sisäiseen käyttöön eri suunnittelutilanteissa sovellettavaksi.

Tieliikenteen ajokustannusten laskenta -ohje korvaa ohjeen Tieliikenteen ajokustannusten laskenta -ohjeen vuodelta 2005 (TIEH 2100038-05). Ajokustannusten yksikköarvot on esitetty erillisessä julkaisussa.

Pääjohtaja



Juhani Tervala

Liikenne-ekonomisti

Anton Goebel

LISÄTIETOJA
Anton Goebel
Liikennevirasto
puh. 020 637 3904

Esipuhe

Ohjeessa Tieliikenteen ajokustannusten laskenta on kuvattu ajokustannusten laskennassa käytetyt mallit ja esitetty esimerkkilaskelma mallien käytöstä. Ajokustannuksia lasketaan tyypillisesti arvioitaessa tiehankkeiden kannattavuutta.

Ohjeen on laatinut DI Jukka Ristikartano Ramboll Finland Oy:stä. Ohje on toteutettu osana Liikennejärjestelmän taloudellisuus -tutkimusohjelmaa (TaTe) ja työn ohjaamisesta vastanneeseen ohjausryhmään ovat kuuluneet:

Anton Goebel (pj), Liikennevirasto
Taneli Antikainen, Liikennevirasto
Harri Lahelma, Liikennevirasto
Jukka Valjakka, Liikennevirasto
Marko Vihervuori, Helsingin seudun liikenne

Helsingissä maaliskuussa 2011

Liikennevirasto
Liikennejärjestelmäosasto

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO.....	6
2	AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAMENETELMÄ.....	7
2.1	Yleistä.....	7
2.2	Laskennan vaiheet ja lähtötiedot.....	7
2.3	Laskentaesimerkki.....	9
3	AJONEUVOKUSTANNUSTEN MÄÄRITTÄMINEN	12
3.1	Yleistä.....	12
3.2	Tuntiliikenteet	13
3.3	Matkanopeudet.....	15
3.4	Polttoaineenkulutus.....	19
3.5	Ajoneuvokustannukset.....	22
4	MATKA-AIKASÄÄSTÖJEN ARVON LASKEMINEN	24
5	ONNETTOMUUSKUSTANNUSTEN MÄÄRITTÄMINEN	25
5.1	Onnettomuusmäärät	25
5.2	Onnettomuuskustannukset.....	27
6	YMPÄRISTÖKUSTANNUSTEN MÄÄRITTÄMINEN	29
6.1	Meluhaitan kustannukset	29
6.2	Pakokaasupäästöjen kustannukset	30
7	TIEHANKKEEN KUSTANNUKSET	32
8	TALOUDELLISUUSTARKASTELUT	34
8.1	Yleistä.....	34
8.2	Hankkeen taloudelliset tunnusluvut.....	35
8.3	Kannattavuuslaskelma.....	35
LIITTEET		
Liite 1	Tuntijärjestyskäyriä	
Liite 2	Polttoaineenkulutusmallin kertoimia yksittäisille ajoneuvolajeille	
Liite 3	Keskimääräiset onnettomuus- ja vakavuusasteet	

1 Johdanto

Tässä *Tieliikenteen ajokustannusten laskenta* -ohjeessa kuvataan Liikenneviraston ja Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten (ELY-keskukset) tiehankkeissa käyttämiä laskentamalleja ja esitetään yksinkertaistettu esimerkki niiden käytöstä tiehankkeen kannattavuustarkasteluissa. Laskentaesimerkki perustuu samanaikaisesti tämän ohjeen kanssa laadittuun ohjeeseen *Tieliikenteen ajokustannukset 2010*, jossa esitetään laskennassa käytettävät yksikköarvot sekä perusteet niiden määrittämiseksi. Ohjejulkaisuja täydentää Liikenneviraston selvitys *Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvojen määrittäminen, Taustaraportti 2010*, jossa kuvataan tarkemmin yksikköarvojen määrittämiseen liittyvät menetelmät.

Vaikka tämä ohje on päivitetty vuoden 2010 tieliikenteen ajokustannusten päivitysten yhteydessä, eivät siinä esitetyt menetelmät ole sidottuja ko. julkaisun yksikköarvoihin vaan niitä voidaan käyttää myös yhdessä myöhemmin tehtävien yksikköarvoja koskevien päivitysten kanssa. Tarvittaessa tässä esitetyt menetelmät on syytä muuttaa, jos hankkeiden arviointia koskevia ohjeita uudistettaessa niin edellytetään.

Julkaisun esittämistapa vastaa aiemman julkaisun esitystapaa (Tiehallinto, 2005). Laskentaohjeessa on otettu huomioon yksikköarvojen päivitystyön yhteydessä tehdyt menetelmämuutokset. Seuraavassa on lueteltu tärkeimmät muutokset aiempaan julkaisuun verrattuna:

- Ajoneuvokustannuksissa voidaan tarpeen mukaan ottaa huomioon ajosuoritteesta (käytännössä polttoaineenkulutuksesta) riippuvien tekijöiden lisäksi raskaiden ajoneuvojen pääomakustannukset, jotka riippuvat liikenteessä käytetystä ajasta.
- Onnettomuuskustannusten osalta eri tilanteissa käytettävät henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteet voidaan määritellä joko käytettävillä olevilla ohjelmistoilla tai asiantuntija-arvioilla. Jälkimmäiset voidaan perustaa joko liitteessä esitettyihin TARVA 4.12 ohjelmiston mukaisiin tuloksiin tai niitä uudempiin vastaaviin tietoihin.
- Melukustannusten laskennassa on siirrytty melutasosta riippuvan yksikkökustannuksen käyttöön aiemman häiriötä kokevien osuuden sijasta.
- Pakokaasupäästömalleihin ei tässä yhteydessä ole tehty muutoksia ja siksi uuden tutkimustiedon soveltaminen tässä esitettyjen yksinkertaisten mallien täydentämiseksi on suositeltavaa.

Tässä esitetty laskentamenetelmä pyrkii kuvaamaan Liikenneviraston suositusta riittävän hyvistä ja käyttökelpoisesta laskentamenetelmästä. Sitä voidaan käyttää tehtäessä eri hankkeita koskevia laskentoja niitä koskevien hankearviointiohjeiden mukaisesti (LVM, 2003 ja Tiehallinto, 2008). Käytettävästä laskentajärjestelmästä riippuen tarkastelu voi olla kuitenkin joko karkeampaa tai yksityiskohtaisempaa. Ohjeen perusratkaisuista poikkeaminen edellyttää kuitenkin riittävän yksityiskohtaisia taustatietoja.

Tässä julkaisussa esitetyt menetelmät voidaan käyttää sellaisenaan Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvojen 2010 kanssa. Eri laskentajärjestelmien kehittämisessä on syytä ottaa huomioon tässä esitettyjen muutosten vaikutus eri laskentamalleihin. Riittävän luotettavat laskentatulokset voidaan taata vain käyttämällä yhdenmukaisia laskentamalleja eri järjestelmissä.

2 Ajokustannusten laskentamenetelmä

2.1 Yleistä

Tieliikenteen ajokustannuksiin vaikuttavat tarkasteltavan alueen tieverkon pituus, geometria ja kunto, liikennemäärät ja sen vaihtelut eri aikoina sekä tarkasteluissa käytettävät laskentamenetelmät ja vahvistetut yksikkökustannukset. Yksinkertainenkin laskentatilanne edellyttää siten usean tekijän samanaikaista huomioon ottamista.

Tässä esitetty laskentamenetelmä pyrkii yhtenäistämään laskentakäytäntöä Liikenneviraston ja ELY-keskusten eri tarpeita ajatellen. Mukaan on otettu ne mallit, joiden sisällöllä on suurin merkitys tarkastelujen lopputulosten kannalta. Suuri osa tässä kuvatuista malleista on kuitenkin jatkuvan kehitystyön alaisena, joten menetelmää voidaan täydentää tarpeen mukaan uusilla tiedoilla tai laskentakaavoilla.

Tässä esitetyjä malleja voidaan käyttää sellaisenaan eri laskentajärjestelmissä (IVAR, TARVA, EMME), mutta lähtötietojen tarkkuuden tai tulosten käyttötarpeen takia myös yksinkertaisempia tai yksityiskohtaisempia malleja voidaan käyttää. Tarkempaa tietoa eri laskentajärjestelmien sisältämisestä malleista löytyy niitä koskevista julkaisuista ja Internet-sivuilta.

IVAR on tieverkon investointihankkeiden vaikutusten arviointiohjelmisto, joka on tarkoitettu tiehankkeiden suunnittelun apuvälineeksi eri suunnitteluvaiheissa. Lisäksi ohjelmistoa käytetään liikenneolosuhteiden kuvaajana ja tiehankkeita koskevan päätöksenteon tukena. Ohjelmiston laskentaprosessit kattavat mm. toimivuuden, turvallisuuden, ympäristövaikutusten sekä yhteiskuntataloudellisen kannattavuuden laskennan. Useimmat laskentaprosessit on laadittu erikseen linjaosuuksille ja liittymille. Lisätietoa ohjelmistosta löytyy käyttöoppaasta (Tiehallinto, 2003) ja ohjelmiston käyttöliittymän sisältämisestä ajantasaisista opasteista.

TARVA-ohjelma on tarkoitettu tien parannustoimenpiteiden turvallisuusvaikutusten arviointiin. Sen avulla voidaan arvioida erilaisten parannustoimenpiteiden turvallisuusvaikutuksia. Toimenpidetarpeiden arvioinnissa voidaan käyttää hyväksi turvallisuuden nykytilan arviointia. (Tarva, 2010).

EMME-ohjelmisto on liikenteen sijoitteluohjelmisto. Liikenteen sijoittelulla osasualueiden väliset liikennevirrat sijoitellaan liikenneverkolle. Liikenteen sijoittumiseen verkolla vaikuttavat keskeisesti kysyntämatriisi, liikenneverkko ja sijoittelufunktiot. Funktiot sisältävät yleensä ainakin matka-ajan laskennan.

2.2 Laskennan vaiheet ja lähtötiedot

Tässä luvussa kuvataan menetelmä ajokustannusten laskentaa varten. Laskennan vaiheita havainnollistetaan seuraavissa luvuissa esimerkkilaskelmalla. Tässä esitetty menetelmä on tarkkuudeltaan melko yksinkertainen ja tarkempia tuloksia saadaan vastaavanlaiseen menetelmään perustuvalla IVAR-ohjelmistolla.

Esimerkkilaskelma on painettu harmaalle pohjalle ja se etenee kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Ajokustannuslaskelman eteneminen.

Ajokustannuslaskelman lähtötiedoiksi tarvitaan tiedot tarkasteltavien väylien geometriasta nykytilanteessa sekä suunniteltujen toimenpiteiden toteuttamisen jälkeen. Tarvittavia geometriatietoja ovat linkkien (tieosien) pituudet, mäkisyys, kaarteisuus ja liittymätiheys. Tien poikkileikkauksen osalta tarvitaan tiedot ajokaistojen lukumäärästä sekä päällysteen leveydestä. Muita vaadittavia tietoja ovat linkkien nopeusrajoitukset sekä nykytilanteessa että parannustoimenpiteiden jälkeen. Nämä lähtötiedot voidaan hankkia esimerkiksi Liikenneviraston ylläpitämästä tierekisteristä ja tiesuunnitelmista.

Ajokustannuslaskelmissa tarvittavia liikenteellisiä lähtötietoja ovat kevyiden ja raskaiden ajoneuvojen sekä ajoneuvoyhdistelmien keskivuorokausiliikennemäärät nykytilanteessa, tiedot liikenteen sijoittumisesta uudelle tieverkolle, tarkasteltavan verkon liikenne-ennustetiedot sekä tarvittaessa arvio 1000. vilkkaimman tunnin liikennemäärästä eri tarkasteluvuosina. Eri ajoneuvoryhmien KVL-tiedot ovat yleisten teiden osalta.

ta saatavissa tierekisteristä. Näitä tietoja käytettäessä on kuitenkin huomioitava, että tierekisterin liikennemäärätiedoissa oleva KVLraskas sisältää myös yhdistelmäajoneuvot. Ajokustannuslaskelmissa käytettävän raskaan tyyppiajoneuvon keskivuorokausiliikennemäärä määritetään vähentämällä KVLyhdistelmien osuus KVLraskaasta.

2.3 Laskentaesimerkki

Tässä esitettävän laskentaesimerkin kaavoissa käytetään seuraavia merkintöjä ja yksiköitä:

A	c/km	matka-aikasäästön yksikköarvo
As	kpl	melualueen asukkaiden määrä
B	c/km	ajoneuvokustannusten yksikköarvo
B_{po}	€/h	ajoneuvojen pääomakustannusten yksikköarvo
C	€/heva-onnettomuus	heva-onnettomuuden keskimääräinen yksikköarvo
D	€/as/vuosi	meluhaitan yksikköarvo
dP	l/100 km	suhteellinen polttoaineenkulutus
E	€/tonni	päästökomponentin yksikköarvo
I	M€	investointikustannus
J	M€	jäännösarvo
Ka	gon/km	kaarteisuus
KVL	autoa/vrk	keskivuorokausiliikenne
L	km	linkin (tieosan) pituus
L_t	kpl/km	liittymätiheys
Mä	m/km	mäkisyys
Oa	onn./milj.km	onnettomuusasteen odotusarvo
Om	onn./vuosi	onnettomuusmäärä
Om_{kuol}	henk./vuosi	kuolleiden määrä
O_{vak}	kuolleet/100 heva onn.	onnettomuuksien vakavuuskerroin
P	l/100 km	polttoaineenkulutus
P_k	l/100 km	keskimääräinen polttoaineenkulutus
Pl	m	päällysteen leveys
P_m	t/v	päästö määrä
p_{rask}	%	raskaiden ajoneuvojen osuus (sis. raskaat ja yhdistelmät)
P_{VT}	l/100 km	polttoaineenkulutus tavoitenopeudella
Q	autoa/h	tuntiliikenne
V_k	km/h	matkanopeus vallitsevissa oloissa
V_{raj}	km/h	nopeusrajoitus
V_T	km/h	matkanopeus vapaissa oloissa
ΔP	l/100 km	lisäkulutus
ΔV	km/h	nopeusalenema

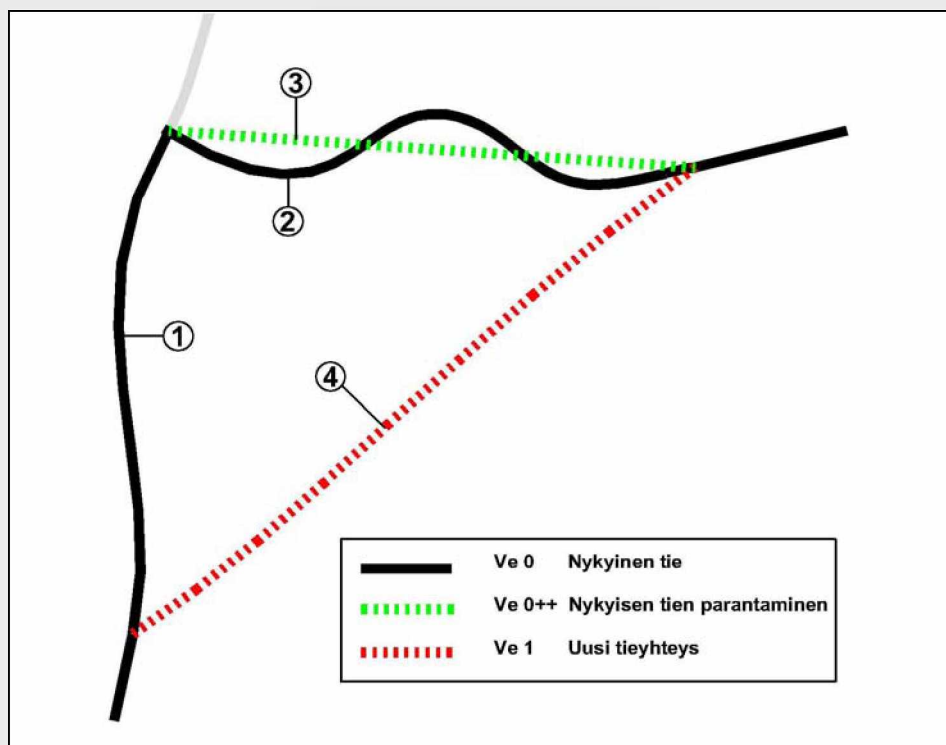
Laskentaesimerkin lähtötiedot on esitetty taulukossa E1 ja kuvassa E1. Laskentaesimerkissä käsitellään vanhan valtatieyhteyden parantamisen vaikutusta ajokustannuksiin. Nollavaihtoehdon (VE 0) rinnalla tarkastellaan vanhan tieyhteyden parantamista pääosin nykyisellä paikallaan (VE 0++) tai korvaamista uudella lyhyemmällä valtatieyhteydellä (VE 1).

Esimerkkihankkeessa nykyinen tieverkko koostuu kahdesta normaalista kaksikais-
taisesta valtatielinkistä. Vaihtoehdossa 0++ osaa nykyisestä tiestä parannetaan
muuttamalla tien vaaka- ja pystygeometriaa. Parantamistoimenpiteet käsittävät
myös tien poikkileikkauksen leventämisen ja liittymien vähentämisen. Nämä toi-
menpiteet mahdollistavat korkeamman nopeusrajoituksen valtatie parannetulla
osalla. Vaihtoehdossa 1 tarkastellaan uuden oikaisevan valtatieyhteyden raken-
tamista. Vanha tie jää seudulliseksi tieksi ja lyhytmatkainen liikenne käyttää edel-
leen vanhaa yhteyttä. Vanhan valtatie liikenteestä 70 %:n arvioidaan siirtyvän
käyttämään uutta tietä.

Taulukossa E1 esitetään laskentaesimerkin geometriaa, poikkileikkausta ja liikennettä koskevat lähtötiedot linkeittäin eri vaihtoehdoissa. Kuvassa E1 on kaavio laskentaesimerkin tieverkkovaihtoehdoista.

Taulukko E1. Esimerkkihankkeen lähtötiedot.

	VEo		VEo++		VE1		
	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
Pituus (km)	15	16,5	15	16	15	16,5	21
Kaistojen lkm (kpl)	2	2	2	2	2	2	2
Päällysteleveys (m)	12	7	12	10	12	7	10
Mäkisyys (m/km)	10	17	10	15	10	17	7
Kaarteisuus (gon/km)	15	40	15	30	15	40	15
Liittymätiheys (kpl/km)	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,5	0,05
Nopeusrajoitus (km/h)	100	80	100	100	100	80	100
KVL 2010	10000	6800	10000	6800	5240	2040	4760
KVLkev 2010	9000	6000	9000	6000	4800	1800	4200
KVLrask 2010	500	400	500	400	220	120	280
KVLYhd 2010	500	400	500	400	220	120	280

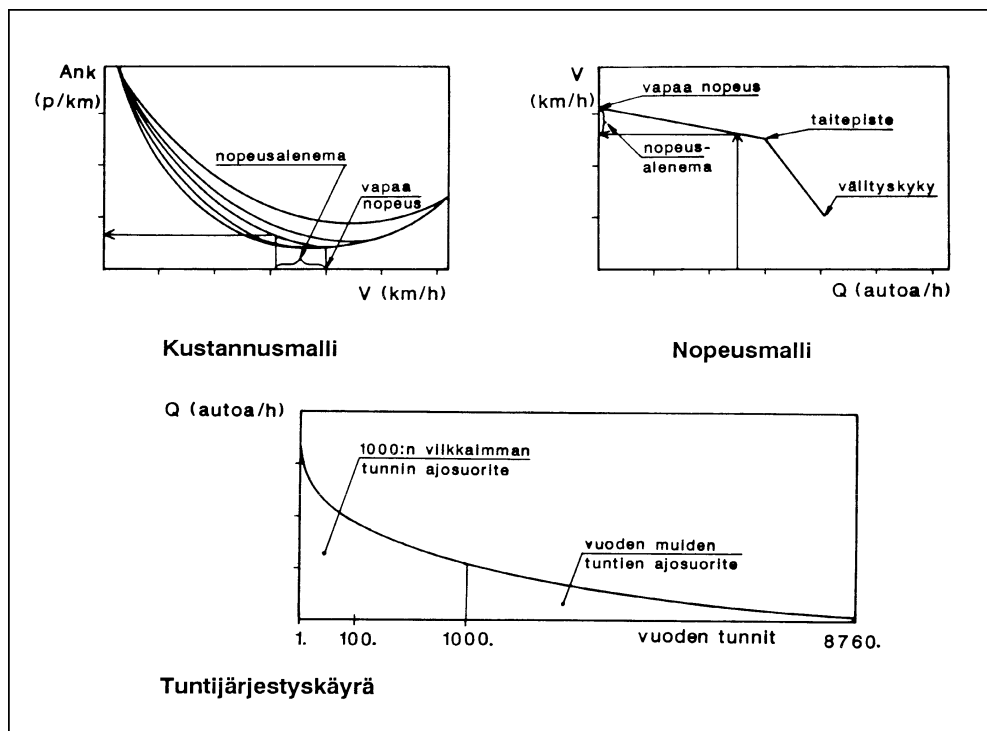


Kuva E1. Esimerkkihankkeen tieverkkovaihtoehdot.

3 Ajoneuvokustannusten määrittäminen

3.1 Yleistä

Ajokustannukset ovat riippuvaisia matkanopeudesta. Matkanopeuteen vaikuttavat mm. nopeusrajoitus, tien ominaisuudet ja liikennetilanne. Kustannusmalleissa **ajoneuvokustannusten perustaso** määräytyy sen nopeustason mukaan, jota kuljettajat keskimäärin noudattavat vapaissa liikenneoloissa (ns. **vapaa nopeus**). Tätä kustannustasoa korjataan tie- ja liikenneolosuhteiden aiheuttamalla matkanopeuden alenemalla. Kustannusten määräytymisperiaate on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Ajoneuvokustannusten riippuvuus liikennetilanteesta.

Liikenteen ns. vapaan nopeuden ja eri liikennetilanteiden nopeuksien laskemiseen kehitetyissä nopeusmalleissa on huomioitu tien geometrian ja liikennemäärän vaikutus autojen keskimääräiseen matkanopeuteen. Matkanopeuksiin perustuvien kustannusmallien avulla voidaan määrittää ajoneuvokustannukset kullekin tieosalle ja liikennetilanteelle. Keskimääräisiä matkanopeuksia tarvitaan myös liikenteen aikakustannusten laskemisessa.

Keskivuorokausiliikenteet hankkeen avausvuodelle sekä muille tarkasteluvuosille määritetään liikenne-ennusteen perusteella. Ellei tarkempaa hankkeeseen liittyvää liikenne-ennustetietoa ole saatavilla, voidaan käyttää esimerkiksi yleisiä liikenne-ennusteita, joissa esitetään liikenteen kasvukertoimet muun muassa tieluokittain ja ELY-alueittain.

3.2 Tuntiliikenteet

Ajoneuvokustannusten laskennassa vuoden tunnit voidaan jakaa eri ryhmiin liikennemäärien mukaan. Kullekin tuntiliikenneryhmälle lasketaan mallien avulla ajoneuvokustannukset ja liikenteen vuotuiset ajoneuvokustannukset saadaan yhdistämällä eri ryhmien tulokset. Alustavissa laskennoissa tarvittava laskentatarkkuus voidaan kuitenkin saavuttaa laskemalla liikenteen keskimatkanopeudet ja **kustannukset vapaisa liikenneoloissa sekä vuoden tuhanneksi vilkkaimpana tuntina**. Vuoden tuhanneksi vilkkaimman tunnin liikenteen Q_{1000} ja keskivuorokausiliikennemäärän suhde voidaan määrittää tuntijärjestyskäyrän avulla, joka saadaan esimerkiksi lähellä tarkastelukohdetta sijaitsevan LAM-pisteen (liikenteen automaattinen mittauspiste) tiedoista. Liitteessä 1 on esitetty joitakin tuntijärjestyskäyriä.

Ruuhkautuvissa oloissa menetelmä arvioi kustannukset liian pieniksi, sillä se sisältää vain nopeusmallin taitepistettä edeltävän osan. Näissä tilanteissa suositellaan tarkemman laskentamenetelmän (esimerkiksi IVAR) käyttöä.

Tarkasteluvuosien tuntiliikenteiden määrittämiseksi arvioidaan ensin liikennemäärien kasvu tarkastelujakson aikana. Esimerkkitapauksessa liikenteen kasvukertoimet määritetään Tiehallinnon viimeisimmän yleisen liikenne-ennusteen pohjalta (Tiehallinto, 2007), jolloin saadaan taulukon E2 mukaiset liikennemäärät tarkasteluvuosille.

Taulukko E2. Liikenne-ennuste (ajoneuvoa/vrk).

	Vuosi	Kasvu-kerroin	VEo		VEo++		VE1		
			Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
KVLkev	2015	1,15	10350	6900	10350	6900	5520	2070	4830
KVLrask		1,15	575	460	575	460	253	138	322
KVLyhd		1,15	575	460	575	460	253	138	322
KVLkev	2025	1,31	11790	7860	11790	7860	6288	2358	5502
KVLrask		1,31	655	524	655	524	288	157	367
KVLyhd		1,31	655	524	655	524	288	157	367
KVLkev	2035	1,41	12690	8460	12690	8460	6768	2538	5922
KVLrask		1,41	705	564	705	564	310	169	395
KVLyhd		1,41	705	564	705	564	310	169	395
KVLkev	2045	1,45	13050	8700	13050	8700	6960	2610	6090
KVLrask		1,45	725	580	725	580	319	174	406
KVLyhd		1,45	725	580	725	580	319	174	406

Tuntijärjestyskäyrän avulla lasketaan 1000. tunnin tuntiliikenteet. Käytetyn tuntijärjestyskäyrän mukaan liikennemäärä Q_{1000} on 8 % keskivuorokausiliikennemäärästä. Esimerkkihankkeen tuntiliikenteet ovat taulukossa E3.

Taulukko E3. Tuhannennen tunnin liikennemäärä Q_{1000} (ajoneuvoa/h).

Vuosi	VEo		VEo++		VE1		
	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
2015	920	626	920	626	482	188	438
2025	1048	713	1048	713	549	214	499
2035	1128	767	1128	767	591	230	537
2045	1160	789	1160	789	608	237	552

3.3 Matkanopeudet

Sekä ajoneuvokustannusten että matka-aikasäästöjen laskennassa tarvitaan liikenteen keskimatkanopeus vallitsevissa tie- ja liikenneolosuhteissa.

Keskimääräinen matkanopeus voidaan määrittää vaiheittain seuraavan kaavan avulla:

$$V_k = V_T - \Delta V_1 - \Delta V_2 - \Delta V_3 \quad (1)$$

missä V_T on tavoitenopeus, jonka määrittämisessä huomioidaan tien poikkileikkaus ja nopeusrajoitus. Tekijä ΔV_1 kuvaa pitkäkestoisten ominaisuuksien, kuten tien geometrian sekä liittymien määrän ja tyyppin sekä tarvittaessa päällysteen tyyppin ja ympäristön luonteen aiheuttamaa matkanopeuden alenemaa. Tekijä ΔV_2 kuvaa ajan mukana muuttuvien ominaisuuksien kuten tien kunnon sekä sään ja kelin aiheuttamaa nopeusalenemaa ja tekijä ΔV_3 liikenteestä johtuvien ominaisuuksien kuten liikennemäärän, suuntajakauman ja ajoneuvokoostumuksen aikaansaamaa nopeuden alenemaa.

Tavoitenopeus vapaissa oloissa eri ajoneuvoryhmille voidaan määrittää seuraavalla kaavalla:

$$V_T = a + b * V_{raj} + c * V_{raj} / 80 * PL \quad (2)$$

missä V_{raj} = nopeusrajoituksesta riippuva tekijä taulukosta 3.1
 PL = päällysteen leveys (huom. mahdolliset korjaukset)
 a , b ja c = päällysteen leveydestä ja ajoneuvotyyppistä riippuvia vakioita.

Taulukko 1. Tavoitenopeuden laskemisessa tarvittavan V_{raj} tekijän määrittäminen.

Ajoneuvotyyppi	Nopeusrajoitus		
	≤ 80 km/h	100 km/h	120 km/h
kevyet autot	= nopeusrajoitus	98 km/h	108 km/h
raskaat autot ja ajoneuvoyhdistelmät	= nopeusrajoitus	81 km/h	82 km/h

Kaksikaistaisilla teillä päällysteen leveydellä tarkoitetaan kesto- tai kevytpäällysteen leveyttä, sorateillä ajoradan koko leveyttä. Ohituskaistan kohdalla päällysteen leveysarvosta vähennetään 2 metriä (4 metriä, jos ohituskaistat molempiin suuntiin). Jos ajosuunnat on erotettu keskikaiteella, vähennetään leveydestä myös turvallisuuteen liittyvä ajovarmuusvara, joka riippuu käytetystä ratkaisusta ja nopeustasosta.

Monikaistaisilla teillä päällysteen leveydellä tarkoitetaan yhden ajoradan tai oikeammin yhden ajosuunnan päällysteen leveyttä. Jos keskikaista on vain kaiteella erotettu tai ajorata on yhtenäinen, on leveydestä vähennettävä turvallisuuden edellyttämä ajovarmuusvara, joka riippuu käytetystä ratkaisusta ja nopeudesta.

Kaavassa 2 tarvittavat kertoimet a , b ja c voidaan määrittää taulukosta 2.

Taulukko 2. Tavoitenopeuden (VT) kaavassa käytetyt kertoimet a, b ja c.

Ajo- ratojen luku	Päällys- teen leveys	Ajoneuvotyyppi	a	b	c
1	>10 m	Kevyet autot	22	0,73	0,6
		Raskaat autot ja ajoneuvoyhdistelmät	18	0,78	0,3
	7-10 m	Kevyet autot	22	0,58	1,8
		Raskaat autot ja ajoneuvoyhdistelmät	18	0,58	1,9
	≤ 7 m	Kevyet autot	22	0,50	2,8
		Raskaat autot ja ajoneuvoyhdistelmät	18	0,50	2,9
2	>10 m	Kevyet autot	22	0,87	0,0
		Raskaat autot ja ajoneuvoyhdistelmät	18	0,87	0,0
	≤ 10 m	Kevyet autot	22	0,77	0,8
		Raskaat autot ja ajoneuvoyhdistelmät	18	0,82	0,4

Nopeusalenema ΔV_1 voidaan määrittää eri ajoneuvotyypeille seuraavilla kaavoilla:

Kevyet autot

$$\Delta V_{1(kev)} = V_{T(kev)} * (Ka / (Ka + 800) + Pt) + Lt \quad (3)$$

Raskaat autot ja ajoneuvoyhdistelmät

$$\Delta V_{1(r+y)} = V_{T(r+y)} * (Mä / (Mä + 200) + Pt) + Lt \quad (4)$$

Kaarteisuus (Ka) ja mäkisyys (Mä) ovat kaavoissa tieosakohtaisia keskiarvoja. Päällystetyypin (Pt) kerroin on kestopäällysteille 0, kevytpäällysteille 0,04 ja sorapäällysteille 0,1.

Kaavoissa oleva liittymätiheys (Lt) voidaan laskea joko pelkästään yleisten teiden liittymistä tai yleisten ja yksityisten teiden liittymistä seuraavilla painokertoimilla: Yleiset tiet, nelihaaraliittymä 1, kolmihaaraliittymä 0,7 ja yksityistiet, nelihaaraliittymä 0,1 kolmihaaraliittymä 0,07. Liikennevalot on tarkasteltava aina erikseen.

Nopeusaleneman ΔV_2 avulla voidaan tarkastella tien kunnon ja muiden muuttuvien olosuhteiden vaikutusta ajoneuvojen nopeuteen. Nämä vaikutukset otetaan huomioon tarvittaessa. Hankkeiden arvioinneissa niillä ei yleensä ole suurta merkitystä.

Nopeusalenema ΔV_3 voidaan määrittää ajosuunnittain eri tuntiliikenteille seuraavilla kaavoilla:

$$\Delta V_{3(kev)} = V_{T(kev)} * (0,06 * Q_p + 0,03 * Q_v) / (Kk * 1000) + V_{T(kev)} * p_{rask} / 10 * (V_{kev} - V_{r+y}) * 0,3 * Q_p / (Kk * 1000) \quad (5)$$

$$\Delta V_{3(r+y)} = V_{T(r+y)} * ((0,06 * Q_p + 0,03 * Q_v) / (Kk * 1000)) \quad (6)$$

Kaavoissa Q_p on tarkasteltavan suunnan liikenne (ajon/h) ja Q_v vastakkaisen suunnan liikenne. Kerroin Kk on tavallisilla kaksikaistaisella tiellä 1 ja ohituskaistan kohdalla 2. Leveäkaistaisella tiellä kerroin on 2,5 ja monikaistaisilla teillä yhtä suuri kuin kaistojen lukumäärä.

Kerroin p_{rask} on raskaiden ajoneuvojen (raskaat ja yhdistelmät) prosenttiosuus liikenteestä ja $V_{\text{kev}}-V_{\text{ras}}$ kevyiden autojen ja muiden autojen välinen nopeusero korjaustekijän ΔV_1 määrittämisen jälkeen.

Karkeissa laskelmissa Q_p ja Q_v voidaan olettaa yhtä suuriksi (puolet tuntiliikenteestä). Nopeusalenemalle ΔV_3 määritettyjä kaavoja voidaan käyttää vain kun liikenteen kysyntä on kaikkina tunteina alempi kuin tien välityskyky. Kysynnän lähestyessä välityskykyä liikenteen nopeus alenee voimakkaasti.

Nopeuksien laskennan lopuksi on vielä tarkistettava, että raskaiden autojen nopeus ei ole suurempi kuin kevyiden autojen nopeus.

Matkanopeuksien V_k määrittämiseksi lasketaan ensin tavoitenopeudet vapaissa olosuhteissa ja tien geometriasta sekä liikenteellisistä olosuhteista aiheutuvat nopeuden alenemat. Tavoitenopeudet määritetään kaavalla 2 erikseen kevyille ajoneuvoille ($V_{T(kev)}$) ja raskaille sekä yhdistelmäajoneuvoille ($V_{T(r+y)}$). Nopeusrajoituksesta riippuva tekijä saadaan taulukosta 1 ja kertoimet a, b sekä c taulukosta 2. Näin lasketut tavoitenopeudet esimerkkihankkeen linkeillä vapaissa olosuhteissa esitetään taulukossa E4.

Taulukko E4. Tavoitenopeus vapaissa oloissa (km/h).

	VEo		VEo++		VE1		
	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
$V_{T(kev)}$	102,4	81,6	102,4	100,9	102,4	81,6	100,9
$V_{T(r+y)}$	84,8	78,3	84,8	84,2	84,8	78,3	84,2

Tiegeometrian, päällystetyypin ja liittymätiheyden aiheuttamat pitkäkestoiset nopeusalenemat kevyille ajoneuvoille ($\Delta V_{1(kev)}$) määritetään kaavalla 3 ja raskaille sekä yhdistelmäajoneuvoille ($\Delta V_{1(r+y)}$) kaavalla 4. Pitkäkestoinen nopeusalenema ΔV_1 pysyy yhtä suurena koko tarkasteluajanjakson ajan.

Taulukko E5. Nopeusalenema ΔV_1 (km/h).

	VEo		VEo++		VE1		
	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
$\Delta V_{1(kev)}$	1,98	4,39	1,98	3,95	1,98	4,39	1,91
$\Delta V_{1(r+y)}$	4,14	6,63	4,14	6,18	4,14	6,63	2,90

Nopeusaleneman ΔV_2 vaikutusta ei tässä esimerkissä oteta huomioon. Liikenteellisten tekijöiden aiheuttama nopeusalenema ΔV_3 määritetään kevyille ajoneuvoille kaavalla 5 ja raskaille sekä yhdistelmäajoneuvoille kaavalla 6. ΔV_3 kasvaa tarkasteluajanjakson aikana liikenteen kasvun myötä, joten se lasketaan erikseen jokaiselle tarkasteluvuodelle.

Taulukko E6. Nopeusalenema ΔV_3 (km/h).

	Vuosi	VEo		VEo++		VE1		
		Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
$\Delta V_{3(kev)}$	2015	7,02	2,80	7,02	4,95	3,44	0,84	3,37
$\Delta V_{3(r+y)}$		3,51	2,20	3,51	2,37	1,84	0,66	1,66
$\Delta V_{3(kev)}$	2025	8,00	3,19	8,00	5,63	3,92	0,96	3,83
$\Delta V_{3(r+y)}$		4,00	2,51	4,00	2,70	2,10	0,75	1,89
$\Delta V_{3(kev)}$	2035	8,61	3,43	8,61	6,06	4,22	1,03	4,13
$\Delta V_{3(r+y)}$		4,31	2,70	4,31	2,91	2,26	0,81	2,03
$\Delta V_{3(kev)}$	2045	8,85	3,53	8,85	6,24	4,34	1,06	4,24
$\Delta V_{3(r+y)}$		4,43	2,78	4,43	2,99	2,32	0,83	2,09

Edellä olevien tekijöiden perusteella voidaan määrittää matkanopeudet kaavalla 1 kevyille ja raskaille ajoneuvoille eri tarkasteluvuosina (taulukko E7).

Taulukko E7. Tuhannennen tunnin matkanopeus V_k (km/h).

	Vuosi	VEo		VEo++		VE1		
		Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
V_k (kevy)	2015	93,36	74,42	93,36	92,00	96,93	76,38	95,62
V_k (rask)		77,17	69,46	77,17	75,67	78,85	71,00	79,66
V_k (kevy)	2025	92,38	74,03	92,38	91,31	96,45	76,26	95,15
V_k (rask)		76,69	69,15	76,69	75,34	78,59	70,91	79,43
V_k (kevy)	2035	91,77	73,78	91,77	90,88	96,15	76,19	94,86
V_k (rask)		76,38	68,96	76,38	75,13	78,43	70,86	79,28
V_k (kevy)	2045	91,53	73,69	91,53	90,71	96,03	76,16	94,74
V_k (rask)		76,26	68,89	76,26	75,05	78,37	70,83	79,23

3.4 Polttoaineenkulutus

Polttoaineenkulutus määritetään nopeuden ja sen aleneman perusteella. Nopeusarvojen lisäksi voidaan ottaa huomioon ainakin pystygeometrian (esim. mäkisyys) ja tien kunnon (päällysteen laatu ja kunto) vaikutus polttoaineenkulutukseen. Viimeksi mainittujen tekijöiden vaikutuksesta on poistettava se osuus, mikä syntyy nopeuden alentumisen takia. Polttoaineenkulutus (P) useimmissa tiehankkeita koskevissa tarkasteluissa voidaan määrittää seuraavilla Vemosim-simulointiohjelmiston avulla määritellyillä kaavoilla.

$$P = P_{VT} + \Delta P_1 + \Delta P_2 \quad (7)$$

Kaavassa P_{VT} on polttoaineenkulutus määritellyllä tavoitenopeudella. Tekijän ΔP_1 avulla voidaan ottaa huomioon kaikki nopeusaleneman aiheuttamat vaikutukset riippumatta siitä, mikä tekijä aiheuttaa nopeuden alentumisen. Tekijän ΔP_2 avulla tarkastelua voidaan täydentää muilla vaikutuksilla, jotka eivät riittävästi tule esiin nopeusvaikutusten kautta. Näitä tekijöitä ovat ainakin tien pystygeometria (useimmiten mäkisyys) ja jatkossa myös tien päällysteen laatu ja kunto. Kaavan eri osatekijät voidaan määrittää seuraavilla kaavoilla:

$$P_{VT} = p_0 + p_1 * V_T + p_2 * V_T^2 \quad (8)$$

$$\Delta P_1 = p_3 * \Delta V + p_4 * V_T * \Delta V + p_5 * V_T^2 * \Delta V + p_6 * \Delta V^2 \quad (9)$$

$$\Delta P_2 = p_m * Mä \quad (10)$$

Kaavoissa V_T on tavoitenopeus, ΔV eri tekijöistä yhdistetty nopeusalenema ja $Mä$ mäkisyys. Kaavaa ΔP_2 voidaan täydentää eri tekijöillä tarpeen mukaan. Taulukossa 3 on

esitetty edellä olevien kaavojen kertoimet eri tyyppiajoneuvoille. Liitteessä 2 on esitetty vastaavat kertoimet myös yksittäisille ajoneuvolajeille.

Taulukko 3. Polttoaineenkulutussmallin kertoimet.

Kerroin	Tyyppiajoneuvo		
	Kevyt	Raskas	Yhdistelmä
p0	11,605	41,255	70,400
p1	-0,15355	-0,70504	-1,15281
p2	0,0010970	0,0058861	0,0090207
p3	0,5712	2,7217	5,4603
p4	-0,0091500	-0,0416369	-0,1001096
p5	0,00003194	0,00014188	0,00044936
p6	0,00114079	0,00368808	0,00830250
pm	0,055	0,278	0,593

Suhteellinen polttoaineenkulutus dP on kaavalla 7 lasketun polttoaineenkulutuksen P ja tyyppiajoneuvon keskimääräisen polttoaineenkulutuksen suhde eli se voidaan määrittää kaavalla:

$$dP = P / P_k \quad (11)$$

Keskimääräinen polttoaineenkulutus P_k eri tyyppiajoneuvoille on Tieliikenteen ajokustannukset 2010 -taustaraaportin suoriteosuuksilla painotettuna taulukon 4 mukainen.

Taulukko 4. Keskimääräinen polttoaineenkulutus (P_k).

Tyyppiajoneuvo	P _k (l/100 km)
Kevyt	7,7
Raskas	28,7
Yhdistelmä	43,4

Polttoaineenkulutukset esimerkkihankkeen linkeille määritetään tyyppiajoneuvotain. Kaavojen 7-10 ja taulukon 3 kertoimien avulla ja saadaan taulukon E8 mukaiset arvot.

Taulukko E8. Polttoaineenkulutus esimerkin liikenneolosuhteissa (l/100 km).

	Vuosi	VEo		VEo++		VE1		
		Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
P _(kev)	2015	7,75	7,64	7,75	7,96	7,80	7,54	7,55
P _(rask)		28,41	30,08	28,41	29,96	27,97	29,48	26,66
P _(yhd)		45,48	49,50	45,48	48,64	44,95	48,71	42,60
P _(kev)	2025	7,74	7,66	7,74	7,95	7,79	7,55	7,55
P _(rask)		28,54	30,20	28,54	30,05	28,04	29,51	26,72
P _(yhd)		45,64	49,66	45,64	48,76	45,03	48,76	42,67
P _(kev)	2035	7,73	7,68	7,73	7,95	7,78	7,55	7,54
P _(rask)		28,62	30,28	28,62	30,11	28,08	29,53	26,75
P _(yhd)		45,75	49,76	45,75	48,84	45,08	48,79	42,71
P _(kev)	2045	7,73	7,68	7,73	7,95	7,78	7,55	7,54
P _(rask)		28,66	30,31	28,66	30,14	28,10	29,54	26,77
P _(yhd)		45,79	49,80	45,79	48,87	45,10	48,80	42,73

Ajoneuvokustannuksia laskettaessa tarvitaan suhteellinen polttoaineenkulutus dP, joka voidaan määrittää kaavan 11 ja taulukon 4 keskimääräisten polttoaineenkulutusten avulla. Esimerkkihankkeen suhteelliset polttoaineenkulutukset esitetään taulukossa E9.

Taulukko E9. Suhteellinen polttoaineenkulutus.

	Vuosi	VEo		VEo++		VE1		
		Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
dP _(kev)	2015	1,006	0,992	1,006	1,033	1,013	0,979	0,981
dP _(rask)		0,990	1,048	0,990	1,044	0,975	1,027	0,929
dP _(yhd)		1,048	1,141	1,048	1,121	1,036	1,123	0,982
dP _(kev)	2025	1,005	0,995	1,005	1,033	1,012	0,980	0,980
dP _(rask)		0,994	1,052	0,994	1,047	0,977	1,028	0,931
dP _(yhd)		1,052	1,145	1,052	1,124	1,038	1,124	0,983
dP _(kev)	2035	1,004	0,997	1,004	1,032	1,011	0,980	0,980
dP _(rask)		0,997	1,055	0,997	1,049	0,978	1,029	0,932
dP _(yhd)		1,054	1,147	1,054	1,126	1,039	1,124	0,984
dP _(kev)	2045	1,004	0,998	1,004	1,032	1,011	0,981	0,980
dP _(rask)		0,999	1,056	0,999	1,050	0,979	1,029	0,933
dP _(yhd)		1,055	1,148	1,055	1,126	1,039	1,125	0,985

3.5 Ajoneuvokustannukset

Ajoneuvojen muuttuvat käyttökustannukset (Ank, c/km) eri tyyppiajoneuvoille lasketaan suhteellisen polttoaineenkulutuksen dP ja tyyppiajoneuvojen verottomien käyttökustannusten (B) avulla. Tieliikenteen ajokustannukset 2010 -taustaraportin mukaiset tyyppiajoneuvojen verottomat käyttökustannukset esitetään taulukossa 5.

Taulukko 5. Tyyppiajoneuvojen verottomat käyttökustannukset (B).

Tyyppiajoneuvo	Polttoainekustannus	Muut käyttökustannukset	Yhteensä (B)
Kevyt ajoneuvo, c/km	3,36	3,45	6,81
Raskas ajoneuvo, c/km	12,89	18,46	31,35
Ajoneuvoyhdistelmä, c/km	19,48	22,45	41,93

Polttoainekustannuksista riippuvat muuttuvat ajoneuvokustannukset voidaan määrittää seuraavalla kaavalla:

$$\text{Ank (c/km)} = \text{dP} * \text{B} \quad (12)$$

Edellisestä julkaisusta poiketen uusiin yksikköarvoihin on lisätty pääomakustannusten yksikköarvot raskaiden ja yhdistelmäajoneuvojen osalta. Tieliikenteen ajokustannukset 2010 -taustaraportin mukaiset tyyppiajoneuvojen pääomakustannukset esitetään taulukossa 6.

Taulukko 6. Raskaiden ajoneuvojen ja ajoneuvokustannusten pääomakustannukset (Bpo).

Tyyppiajoneuvo	Poistot	Korot	Yhteensä (Bpo)
Raskas ajoneuvo, euro/h	6,46	1,34	7,80
Ajoneuvoyhdistelmä, euroa/h	8,52	1,80	10,32

Pääomakustannusten laskenta hanketarkasteluissa on tarpeellista vain kun hankkeella vaikutetaan kulkumuotojakautumaan tai hanke lyhentää merkittävästi raskaiden ajoneuvojen liikenteessä käyttämää aikaa. Raskaiden ajoneuvojen pääomakustannukset voidaan laskea keskinopeuden avulla seuraavasti:

$$\text{Ankpo (c/km)} = \text{Bpo} / V_k * 100 \quad (13)$$

Vuotuiset ajoneuvokustannukset linkeittäin voidaan määrittää kaavalla:

$$\text{Ank (M€a)} = (\text{Ank (c/km)} + \text{Ankpo(c/km)}) * \text{KVL} * 365 * L / 10^8 \quad (14)$$

Esimerkkihankkeen tieverkkovaihtoehtoille määritetään ajoneuvokustannukset kaavoilla 12, 13 ja 14. Raskaiden ajoneuvojen pääomakustannukset otettiin mukaan, koska etenkin vaihtoehto 1 lyhentää merkittävästi liikenteessä käytettyä aikaa. Vuotuiset ajoneuvokustannukset esitetään taulukossa E10.

Taulukko E10. Ajoneuvokustannukset (M€/a).

	Vuosi	VEo		VEo++		VE1		
		Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
Ank _(kev)	2015	3,88	2,81	3,88	2,84	2,08	0,83	2,47
Ank _(rask)		1,30	1,22	0,98	0,88	0,42	0,27	0,72
Ank _(yhd)		1,80	1,74	1,38	1,26	0,60	0,39	1,02
Ank _(kev)	2025	4,42	3,21	4,42	3,23	2,37	0,95	2,82
Ank _(rask)		1,48	1,40	1,48	1,32	0,64	0,41	1,10
Ank _(yhd)		2,06	1,99	2,06	1,86	0,89	0,58	1,52
Ank _(kev)	2035	4,75	3,46	4,75	3,47	2,55	1,02	3,03
Ank _(rask)		1,60	1,51	1,60	1,43	0,69	0,44	1,18
Ank _(yhd)		2,23	2,14	2,23	2,01	0,96	0,63	1,64
Ank _(kev)	2045	4,89	3,56	4,89	3,57	2,62	1,05	3,11
Ank _(rask)		1,65	1,55	1,65	1,47	0,71	0,45	1,22
Ank _(yhd)		2,29	2,20	2,29	2,07	0,99	0,65	1,69

4 Matka-aikasäästöjen arvon laskeminen

Aikakustannukset (Aik, c/km) voidaan laskea tyyppiajoneuvoille määritettyjen matka-aikasäästöjen arvojen (A) ja keskimääräisten matkanopeuksien avulla. Tieliikenteen ajokustannukset 2010 -taustaraaportin mukaiset matka-aikasäästöjen arvot tyyppiajoneuvoittain esitetään taulukossa 7.

Taulukko 7. Matka-aikasäästöjen yksikköarvot (A) tyyppiajoneuvoittain vuonna 2005.

Tyyppiajoneuvo	euroa/ tunti/auto (A)
Kevyt ajoneuvo	15,16
Raskas ajoneuvo	58,91
Yhdistelmä-ajoneuvo	24,14

Kilometrikohtaiset aikakustannukset määritetään kaavalla 15.

$$\text{Aik (c/km)} = A / V_k * 100 \quad (15)$$

Vuotuiset aikakustannukset linkeittäin voidaan määrittää ajoneuvokustannusten ta-
paan:

$$\text{Aik (M€/a)} = \text{Aik (c/km)} * KVL * 365 * L / 10^8 \quad (16)$$

Esimerkkihankkeen aikakustannukset ajoneuvotyypeittäin määritetään kaavoilla 15 ja 16. Aikakustannukset saatiin taulukosta 7 ja keskimääräiset matkanopeudet kohdan 3.3 taulukosta E7. Esimerkkihankkeen vuotuisiksi aikakustannuksiksi saadaan taulukon E11 mukaiset arvot.

Taulukko E11. Aikakustannukset Aik (M€/a).

	Vuosi	VEo		VEo++		VE1		
		Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
Aik _(kev)	2015	9,20	8,47	9,20	6,64	4,73	2,47	5,87
Aik _(rask)		2,40	2,35	2,40	2,09	1,03	0,69	1,83
Aik _(yhd)		0,98	0,96	0,98	0,86	0,42	0,28	0,75
Aik _(kev)	2025	10,59	9,69	10,59	7,62	5,41	2,82	6,72
Aik _(rask)		2,75	2,69	2,75	2,39	1,18	0,79	2,09
Aik _(yhd)		1,13	1,10	1,13	0,98	0,48	0,32	0,85
Aik _(kev)	2035	11,48	10,47	11,48	8,24	5,84	3,04	7,25
Aik _(rask)		2,98	2,90	2,98	2,58	1,28	0,85	2,25
Aik _(yhd)		1,22	1,19	1,22	1,06	0,52	0,35	0,92
Aik _(kev)	2045	11,83	10,78	11,83	8,49	6,02	3,13	7,47
Aik _(rask)		3,07	2,99	3,07	2,66	1,31	0,87	2,31
Aik _(yhd)		1,26	1,22	1,26	1,09	0,54	0,36	0,95

5 Onnettomuuskustannusten määrittäminen

5.1 Onnettomuusmäärät

Liikennetaloudellisia laskelmia varten on selvitettävä mahdollisimman luotettavasti suunniteltujen toimenpiteiden aiheuttamat muutokset henkilövahinko-onnettomuuksien määrässä tai riskeissä. Pelkästään omaisuusvahinkoihin johtavien onnettomuuksien merkitys laskelmissa on marginaalinen.

Liikenneonnettomuuksien määriä tulevaisuudessa voidaan arvioida eri menetelmillä. Käytettävissä on onnettomuusmalleja, tietoja onnettomuusasteista erilaisissa tie- ja liikenneoloissa sekä arvioita tienparannustoimien vaikutuksesta erilaisiin onnettomuuksiin. Liikenneonnettomuuksien analysointi tehdään aina siltä osalta tieverkkoa, jolla tapahtuvat muutokset ovat kustannustarkastelun kannalta merkittäviä.

Onnettomuushistoria ei välttämättä kuvaa riittävän luotettavasti tietyn tienosan turvallisuuden tasoa. Tilastointiin sisältyvien epävarmuustekijöiden lisäksi pieniin onnettomuuslukuihin liittyy suurta satunnaisvaihtelua. Luotettavimmat arviot kohteen turvallisuustilanteesta saadaankin yhdistämällä tiedot kohteessa tapahtuneista onnettomuuksista sekä laajempien tie- ja liikennetietojen pohjalta lasketuista, samankaltaisten tieolosuhteiden keskimääräisistä onnettomuusluvuista. Onnettomuudet voidaan jakaa luotettavuuden parantamiseksi pienempiin ryhmiin, kuten autoliikenteen ja kevyen liikenteen onnettomuuksiin sekä eläinonnettomuuksiin.

Onnettomuuksien lukumäärän arviointi voidaan suorittaa esimerkiksi Liikenneviraston TARVA-ohjelmalla (turvallisuusvaikutusten arviointi vaikutuskertoimilla). Vuositaitain päivitettävä ohjelma perustuu tarkasteluvuoden tie- ja liikennetietojen sekä viiden viimeisen vuoden onnettomuustietojen hyväksikäyttöön. Ohjelma käyttöohjeineen on saatavissa internetistä (Tarva, 2010).

Nykyisen tien onnettomuudet

Nykyisten onnettomuusmäärien laskemiseksi riittää tieosoitteen syöttäminen TARVA-ohjelmaan. Ohjelma laskee nykytilan yhdistämällä onnettomuushistorian ja kyseisen tieryhmän keskimääräisen onnettomuustiedon. Tiellä, jolle ei ole vielä kertynyt riittävää onnettomuushistoriaa, käytetään suoraan kyseisen tieryhmän keskimääräistä onnettomuusastetta. Liitteen 3 taulukoissa on esitetty TARVA 4.12:n mukaiset keskimääräiset onnettomuusasteet ja niihin liittyvät vakavuusasteet (Tarva, 2010). IVAR-ohjelmiston versio 2.4 käyttää myös TARVA-ohjelmistosta saatavia keskimääräisiä onnettomuusasteita.

Ohjelmistojen laskennoissa käsitellään erikseen liittymien ja tielinjan onnettomuudet. Henkilövahinko-onnettomuuksien lisäksi ohjelmat laskevat myös onnettomuuksissa kuolleiden nykytilan ennusteen. Onnettomuuskehitystä ennustettaessa kerrotaan nykyinen onnettomuusmäärä edelleen liikenteen kasvukertoimella.

Parannetun tien onnettomuudet

Toteutettujen parannustoimenpiteiden jälkeinen onnettomuusmäärä voidaan laskea eri toimille määritettyjen vaikutuskertoimien avulla. Kun samalle tieosuudelle teh-

dään erilaisia toimia, yhdistetty vaikutus syntyy eri vaikutuskertoimien tulona. Toimet vaikuttavat sekä onnettomuuksien määrään että niiden vakavuuteen. Tuloksena saadaan arvio henkilövahinko-onnettomuuksien määrästä ja onnettomuuksissa kuolevissa vuotta kohti. TARVA-ohjelman käyttämät vaikutuskertoimet sekä onnettomuuksien vakavuuden muutokset on esitetty ohjelman käyttöohjeessa. IVAR-ohjelmistossa on käytettävissä vain osa TARVA-ohjelmiston kertoimista.

Uuden tieyhteyden onnettomuudet

Uusia tieyhteyksiä rakennettaessa jakautuvat liikennemäärät ja sitä myötä myös onnettomuudet uudelleen tieverkolle. TARVA-ohjelma ei ole sopivin työkalu tämän tyyppisten toimien turvallisuusvaikutusten arviointiin. Arviointiin voidaan käyttää Liikenneviraston IVAR-ohjelmistoa, joka laskee uusien tieyhteyksien onnettomuusmäärät käyttäen TARVA-ohjelman keskimääräisiä onnettomuus- ja vakavuusasteita.

Muut arviointimahdollisuudet

Karkeita arvioita yksittäisille tieosuuksille voidaan tarvittaessa tehdä myös ilman ohjelmia, laskemalla onnettomuusmuutos onnettomuusmäärän ja vaikutuskertoimien avulla. Ns. pistemäisissä kohteissa, esim. liittymissä, vaikutusalueeksi oletetaan tavallisesti 200 m kumpaankin suuntaan. Liittymän liikennemääränä käytetään liittymään tulevien ajoneuvojen kokonaismäärää.

Nykyisen tien onnettomuuksia laskettaessa tulisi tieryhmän keskimääräisellä onnettomuusasteella olla vähintään sama painoarvo kuin itse tarkasteltavan tieosuuden onnettomuushistorialla. Tarvittavat onnettomuusasteet ja vaikutuskertoimet voidaan ottaa vastaavista TARVA-ohjelman taulukoista. Niitä käytettäessä on kuitenkin muistettava, että liittymillä ja liittymäväleillä on omat arvonsa.

Jos tunnetaan vain henkilövahinko-onnettomuuksien kokonaislukumäärä ilman taulukon ryhmittelyä auto-, kevyt- ja eläinonnettomuuksiin, vaikutuskerroin tulee valita tieympäristön perusteella tai käyttää esim. eri onnettomuusryhmille annettujen kertoimien keskiarvoa tai onnettomuusryhmien suuruudella painotettua keskiarvoa. Arvio toimenpiteen jälkeisestä onnettomuusmäärästä lasketaan kertomalla nykyisen tien onnettomuusmäärä näin saadulla kertoimella.

Onnettomuusmäärien laskenta

Heva-onnettomuusasteen odotusarvon (O_a) ja vuotuisen ajosuoritteen tulona voidaan laskea halutun tarkasteluvuoden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä taloudellisuuslaskelmia varten riittävän luotettavasti. Henkilövahinko-onnettomuuksien määrä voidaan laskea kaavalla:

$$O_m (\text{heva-onn./a}) = O_a * KVL * 365 * L / 10^6 \quad (17)$$

Liikennemäärän kasvun ei laskelmissa oleteta vaikuttavan tieosuuden onnettomuusasteeseen tieolosuhteiden pysyessä muuttumattomina, jolloin onnettomuusmäärät kasvavat ajosuoritteen suhteessa.

Onnettomuuksissa kuolleiden määrät voidaan arvioida vakavuuskertoimien avulla:

$$O_{m_{kuol}} (\text{henk./a}) = O_a * O_{vak} / 100 \quad (18)$$

Esimerkkitapauksessa nykyisen tieverkon sekä vaihtoehdossa 0++ parannettavan tieosan onnettomuusasteet määritetään TARVA-ohjelman avulla. Vaihtoehdossa 1 uuden linkin onnettomuusaste määritetään liitteen 3 taulukon keskimääräisten arvojen perusteella. Onnettomuusasteet linkeittäin esitetään taulukossa E12.

Taulukko E12. Tieosien keskimääräiset onnettomuusasteet (Oa).

	VEo		VEo++		VE1		
	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
Heva-onnettomuusaste (onn./milj.km)	0,072	0,087	0,072	0,078	0,072	0,087	0,062

Tarkasteluvuoden henkilövahinko-onnettomuuksien määrät lasketaan kaavalla 17.

Taulukko E13. Henkilövahinko-onnettomuuksien määrät (Om).

Vuosi	VEo		VEo++		VE1		
	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
2015	4,53	4,10	4,53	3,56	2,38	1,23	2,60
2025	5,16	4,67	5,16	4,06	2,71	1,40	2,96
2035	5,56	5,02	5,56	4,37	2,91	1,51	3,19
2045	5,72	5,17	5,72	4,49	3,00	1,55	3,28

5.2 Onnettomuuskustannukset

Onnettomuuskustannusten arviointiin suunnittelutilanteessa riittää tavallisesti henkilövahinko-onnettomuuksien määrän ja vastaavien yksikkökustannusten käyttäminen. Arvio voidaan tehdä kuitenkin myös onnettomuuksien vakavuusasteesta ja vastaavista yksikkökustannuksista lähtien, esim. TARVA-raportin perusteella. Vakavuusasteella on merkitystä, kun onnettomuuksissa kuolleiden osuus poikkeaa paljon keskimääräisestä. Omaisuusvahinko-onnettomuuksien kustannukset otetaan huomioon omaisuusvahinkokertoimen avulla (esim. vakiokerroin 1,1, jolloin omaisuusvahinkojen osuus onnettomuuskustannuksista on noin 10 %).

Onnettomuuskustannukset eri tarkasteluvaihtoehdoille voidaan määrittää henkilövahinko-onnettomuuden keskimääräisen yksikköarvon (C), henkilövahinko-onnettomuuksien määrän (Om) ja omaisuusvahinkokertoimen (Ovk) avulla. Tieliikenteen ajokustannukset 2010 -taustaraportin mukaiset onnettomuustyyppikohtaiset yksikköarvot esitetään taulukossa 8.

Taulukko 8. Onnettomuustyyppikohtaiset yksikköarvot vuonna 2010.

Kuolemaan johtanut onnettomuus	2 364 000
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	351 000
Henkilövahinko-onnettomuus keskimäärin	493 000
Pelkkä omaisuusvahinko-onnettomuus	2 950
Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	120 000

Onnettomuuskustannukset voidaan määrittää seuraavalla kaavalla:

$$\text{Onk} = \text{Om} * \text{C} * \text{Ovk} / 10^6 \quad (19)$$

Henkilövahinko-onnettomuuksien määrän (Om) laskenta on suoritettu edellä (taulukko E13) ja heva-onnettomuuden yksikköarvo (C) on taulukon 8 mukaisesti 493 000 €. Omaisuusvahinkokertoimen (Ovk) arvona käytetään 1,1. Tällöin linkkien onnettomuuskustannukset kaavalla 19 laskettuna ovat taulukon E14 mukaiset.

Taulukko E14. Onnettomuuskustannukset Onk (M€/v).

Vuosi	VEo		VEo++		VE1		
	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
2015	2,46	2,22	2,46	1,93	1,29	0,67	1,41
2025	2,80	2,53	2,80	2,20	1,47	0,76	1,61
2035	3,01	2,72	3,01	2,37	1,58	0,82	1,73
2045	3,10	2,80	3,10	2,44	1,62	0,84	1,78

6 Ympäristökustannusten määrittäminen

6.1 Meluhaitan kustannukset

Meluhaitan arvoon sisältyvät lähinnä viihtyisyyden vähenemisestä aiheutuvat kustannukset. Haittojen arvon muutos lasketaan melualueiden asukkaiden määrän ja melun yksikköhintojen avulla. Melun vaikutustarkasteluissa selvitetään päiväliikenteen (klo 7-22) ulkomelun ekvivalenttitasot. Väylän läheisyydessä määritetään erikseen eri melutasojen etäisyys tiestä eli melurajat (melukäyrät) 5 dB:n välein (esim. 55, 60, 65, 70 ja 75). Näiden rajaamilla melualueilla asuvien määrät arvioidaan yhtenä tarkasteluvuotena, joka on mieluiten laskentajakson keskivaiheilta. Melualueiden rajoja ei yleensä ole tarpeen määrittää erikseen tarkastelujakson muina vuosina, sillä liikennemäärien normaalit muutokset vaikuttavat melutasoihin vain vähän. Asukkaiden määrien arviointiin voidaan käyttää väestörekisterin tietoja tai rakennusten määrän avulla tehtyjä arvioita.

Tieliikenteen ajokustannukset 2010 -taustaraportin mukaiset meluhaitan arvot esitetään taulukossa 9.

Taulukko 9. Tieliikenteen meluhaitan yksikköarvot (D).

Melutaso (dB(A))	Yksikköarvot (D); €/melualueen asukas/vuosi
50 – 55	35
55 – 60	100
60 – 65	180
65 – 70	340
70 – 75	870
75 –	1600

Meluhaitan arvo voidaan määrittää eri melutasoilla asuvien asukkaiden määrän ja meluhaitan yksikköarvojen perusteella seuraavasti.

$$Mlk (M€/v) = (D_1 \cdot As_1 + D_2 \cdot As_2 + D_3 \cdot As_3 + D_4 \cdot As_4 + D_5 \cdot As_5 + D_6 \cdot As_6) / 10^6 \quad (20)$$

Kaavassa D on meluhaitan yksikköarvo ja As eri melutasoilla (1...6) asuvien määrä. Aiempiin meluhaitan määrittämiin verrattuna yksikköhinnoissa on jo otettu huomioon melun häiritsevinä kokevien osuus, joten aiempia prosenttikertoimia ei enää käytetä.

Ympäristökustannusten laskemiseksi määritetään hankkeen vaikutusalueella asuvien, melusta kärsivien asukkaiden määrät meluselvityksen perusteella.

Taulukko E15. Melualueen asukkaat vuonna 2030.

Melutaso	VEo		VEo++		VE1		
	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
55-60 dB	70	60	70	50	50	45	20
60-65 dB	30	20	30	15	25	10	0
65-70 dB	20	10	20	10	15	5	0
70-75 dB	0	5	0	0	0	0	0

Melukustannukset määritetään kaavalla 20 ja saadaan taulukon E16 mukaiset tarkasteluvuodesta riippumattomat arvot.

Taulukko E16. Melukustannukset (M€/v).

	VEo		VEo++		VE1		
	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
Melun kustannukset (M€/v)	0,019	0,017	0,019	0,011	0,015	0,008	0,002

6.2 Pakokaasupäästöjen kustannukset

Polttoaineperäisten päästöjen kustannuksiin sisältyvät haittojen aiheuttamat taloudelliset menetykset. Haittojen yksikköhintoja määritettäessä on tarkasteltu terveysvaikutuksia (mm. sydän- ja hengityselinsairauksia sekä syöpiä), luontovaikutuksia (metsien ja viljelysten tuoton väheneminen), taloudellisia vaikutuksia (korroosio ja likaantuminen) sekä ilmastomuutosta.

Tieliikenteen pakokaasujen aiheuttamat haitat aiheutuvat pääosin typen oksidien, hiukkasten hiilimonoksidin, hiilivetyjen, ja kasvihuonekaasujen (hiilidioksidi, metaani ja typpioksiduuli) päästöistä.

Pakokaasupäästöjä laskettaessa tulee tiehankkeissa yleensä ottaa huomioon ajo-olosuhteet, nopeustaso ja autokannan tekninen kehittyminen. Verkon katuosuuksille ja maantiesuuksille tulee käyttää eri yksikköhintoja ja tarvittaessa myös eri laskentamalleja tai päästökertoimia.

Pakokaasupäästöt lasketaan vähintään tien avaamisvuodelle, yhdelle tai kahdelle välivuodelle ja viimeiselle tarkasteluvuodelle. Päästöjen kehittymiseen vaikuttaa mm. ilman katalysaattoria olevien autojen ikääntyminen ja käytöstä poistaminen. Arvioita autokannan ja päästömäärien kehittymisestä on esimerkiksi VTT:n kehittämässä LIISA-laskentajärjestelmässä (VTT 2009). Vuoden 2010 jälkeen käyttöön otettavien uusien autojen oletetaan pääosin täyttävän sekä raskaille autoille että henkilöautoille asetetut tiukemmat päästömääräykset. Pakokaasujen päästöt eivät tarkastelujaksolla välttämättä kehity lineaarisesti. Hiilidioksidipäästöjen laskennassa voidaan ottaa huomioon autokannan kehittymisestä johtuvat muutokset autojen polttoainekulutuksessa.

Taulukossa 10 esitetään tärkeimpien päästökomponenttien yksikköarvot (E) Tieliikenteen ajokustannukset 2010 -taustaraportin mukaisesti.

Taulukko 10. Päästökustannukset yhdisteittäin (E).

Yhdiste	Yksikkö	Taajama	Haja-asutusalue	Keskimäärin
Typen oksidit (NO _x)	euroa/tonni	1280	501	846
Hiukkaset (PM _{2,5})	euroa/tonni	232 800	7 270	119 400
Hiilimonoksidi (CO)	euroa/tonni	28	0,8	18
Hiilivedyt	euroa/tonni	77	77	77
Hiilidioksidi (CO ₂)	euroa/tonni	37	37	37

Taulukossa 10 esitettyjen yksikköarvojen sekä linkille arvioitujen päästömäärien perusteella voidaan määrittää päästökustannukset seuraavasti:

$$PsK (M€/v) = (\sum Pm_i * E_i) / 10^6 \quad (21)$$

missä Pm on komponentin päästömäärä vuodessa (t/a) ja E komponentin yksikköarvo (€/t).

Esimerkkilaskelmassa määritetään päästömäärät linkeittäin tärkeimmille päästökomponenteille vuoden 2015 tasossa. Liikenne-ennusteen avulla lasketaan päästömäärät eri tarkasteluvuosille. Koska kaikilla esimerkin linkeillä on sekä taajama- että haja-asutusosuuksia, käytetään päästöjen hinnoittelussa keskimääräisiä hintoja. Taulukossa E17 esitetään päästömäärät komponenteittain hankkeen avausvuonna.

Taulukko E17. Päästömäärät hankkeen avausvuonna (t/v).

	VEo		VEo++		VE1		
	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
Typen oksidit	56,5	43,7	56,5	43,3	30,5	13,2	43,0
Hiukkaset	3,27	2,17	3,27	2,43	1,83	0,65	2,41
Hiilimonoksidi	144,6	89,3	144,6	104,6	83,3	26,8	103,0
Hiilivedyt	14,2	13,1	14,2	10,5	8,0	3,9	10,3
Hiilidioksidi	14663	11236	14663	11224	7908	3360	11008

Päästökustannukset lasketaan komponenteittain hankkeen kaikille tarkasteluvuosille kaavalla 21. Päästökustannukset esitetään taulukossa E18.

Taulukko E18. Päästökustannukset (M€/v).

Vuosi	VEo		VEo++		VE1		
	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
2015	0,97	0,71	0,97	0,74	0,53	0,21	0,73
2025	0,95	0,69	0,95	0,72	0,52	0,21	0,71
2035	0,98	0,71	0,98	0,74	0,54	0,21	0,73
2045	0,99	0,71	0,99	0,75	0,54	0,21	0,74

7 Tiehankkeen kustannukset

Tiehankkeen kustannuksiin kuuluvat tien rakentamisen kustannukset rakennusaikaiset korot mukaan luettuna ja tien kunnossapidon kustannukset (Kpk, kunnossapito ja uudelleen päällystäminen).

Käytettäessä tämän julkaisun mukaisia yksikkökustannuksia on tiehankkeen kustannukset (arviot) esitettävä maarakennuskustannusindeksin (2005=100; lyhenne MAKU-ind.) vuoden 2010 keskimääräisessä kustannustasossa 121,3. Pisteluku vastaa aiemmin käytetyn indeksin (MAKU 2000=100) pistelukua 140,0.

Laskettaessa rakentamisen aikaisia korkoja kunkin vuoden rakentamiskustannukselle lasketaan korkoa perusvuoteen. Investointikustannuksen I nykyarvo I_p saadaan laskemalla yhteen eri rakentamisvuosina (t) syntyneet kustannukset I_t korkoineen seuraavasti:

$$I_p = \sum 1,05^{(t-0,5)} * I_t \quad (22)$$

Jäännösarvo J määrätään kiinteänä osuutena investoinnin kustannuksista ja se diskontataan kannattavuusarvioinnissa perusvuoteen seuraavasti:

$$J_p = J / 1,05^{30} \quad (23)$$

Vuotuiset kunnossapitokustannukset arvioidaan esim. tien kunnossapitoluokan ja kunnossapitotilastojen avulla. Uudelleen päällystämisen kustannukset sisällytetään yleensä kunnossapitokustannuksiin (keskimääräinen vuosikustannus), mutta niitä voidaan periaatteessa käsitellä myös määräaikaisina lisäinvestointeina.

Vaihtoehtojen 0++ ja 1 rakennuskustannukset on arvioitu alun perin MAKU-indeksin pisteluvun (2005=100) 111,3 mukaan. Tämän julkaisun yksikköarvoja käytettäessä kustannukset muunnetaan MAKU-indeksin (2005=100) pisteluvun 121,3 mukaiseen tasoon. Kun huomioidaan indeksimuunnos ja rakennusaikaiset korot, saadaan kuoletettavat rakennuskustannukset (K). Kiinteän jäännösarvoprosentin (25 %) avulla saadaan jäännösarvo (J) tarkastelujakson lopussa, joka diskontataan avaamisvuoteen. Rakennuskustannukset, korot ja jäännösarvot esitetään taulukossa E19.

Taulukko E19. Hankkeiden rakennuskustannukset, korot ja jäännösarvot.

	VE 0 ++		VE 1	
Indeksimuutos		111,3 → 121,3		111,3 → 121,3
Kustannusarvio		30,0 M€ → 32,7 M€		100,0 M€ → 109,0 M€
Rakennusaika (v)	2		3	
Korot yht.	5,0 %	1,64 M€	7,7 %	8,37 M€
Kuoletettava kustannus (K)		34,34 M€		117,4 M€
Laskentajakso	30		30	
Laskentakorko	5 %		5 %	
Jäännösarvoprosentti	25 %		25 %	
Jäännösarvo (J)		1,89 M€		6,30 M€

Vuotuiset kunnossapitokustannukset arvioidaan kunnossapitoluokkien ja kunnossapitotilastojen avulla. Vuotuiset kunnossapitokustannukset linkeittäin esitetään taulukossa E20.

Taulukko E20. Vuotuiset kunnossapitokustannukset (M€/v).

Vuosi	VE0		VE0++		VE1		
	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 1	Linkki 3	Linkki 1	Linkki 2	Linkki 4
2015	0,14	0,13	0,14	0,13	0,14	0,12	0,19
2025	0,14	0,13	0,14	0,13	0,14	0,12	0,19
2035	0,14	0,13	0,14	0,13	0,14	0,12	0,19
2045	0,14	0,13	0,14	0,13	0,14	0,12	0,19

8 Taloudellisuustarkastelut

8.1 Yleistä

Tiehankkeen taloudellisuustarkastelut sisältävät aina kannattavuuslaskelman, joka muodostaa osan tienhankkeen vaikutusten arvioinnista. Kannattavuuslaskelmassa tarkasteluun otetaan kaikki rahaksi muutettavissa olevat hyöty- ja haittaerät. Yleensä tiehankkeen kannattavuuslaskelma sisältää ainakin liikenteen ajokustannukset (AK), joihin lasketaan ajoneuvokustannukset (Ank), matka-aikasäästön arvot (Aik) ja onnettomuuskustannukset (Onk) sekä liikenteen ympäristökustannukset (Ymk), joihin sisältyvät melun ja pakokaasupäästöjen haittojen kustannukset.

Nykyisin liikenteen melun ja pakokaasupäästöjen kustannuseriä käsitellään taloudellisuuslaskelmissa samoin periaattein kuin ajokustannuksia. Kuitenkin on suositeltavaa esittää sekä ajokustannusten että ympäristökustannusten osakustannukset ja niiden muutokset myös erillisinä lukuina.

Tiehankkeen taloudellisuuteen vaikuttavat liikenteen kustannusten ja rakennuskustannusten lisäksi tienpidon muut kustannukset (Kpk, lähinnä tien kunnossapito ja uudelleen päällystäminen).

Hankkeen tarkastelujakson (tie- ja siltahankkeilla 30 vuotta) eri vuosina erääntyvät kustannukset (esim. rakennuskustannukset, niiden korot, liikenteen kustannukset) tai vaikutuksina kertyvät rahalliset hyödyt (säästöt) on tarpeen saada keskenään verrattaviksi. Tästä syystä kustannukset ja hyödyt diskontataan sovitulla laskentakorolla (5 %) perusvuoteen (yleensä hankkeen käyttöönottovuosi). Samoin menetellään kunnossapito- ja päällystyskustannusten kanssa.

Diskonttaus voidaan tehdä jokaiselta tarkastelujakson vuodelta. Riittävä tarkkuus saadaan määrittämällä kustannukset jakson alku- ja loppuvuodelta sekä väli vuosilta 5 (tai 10) vuoden välein, jos liikenteen säästö- tai kustannuserien voidaan olettaa muuttuvan väliaikoina suoraviivaisesti.

Kaavalla (24) voidaan diskontata vuosittain määritetyt hyöty- tai kustannuserät H_t ja kaavalla (25) viiden vuoden välein määritetyt erät perusvuoteen H_p .

$$H_p = \sum H_t / 1,05^t \quad (24)$$

$$H_p = 5 * (H_0 / 2 + H_5 / 1,05^5 + H_{10} / 1,05^{10} + H_{15} / 1,05^{15} + H_{20} / 1,05^{20} + H_{25} / 1,05^{25} + H_{30} / (2 * 1,05^{30})) \quad (25)$$

8.2 Hankkeen taloudelliset tunnusluvut

Hankkeen kannattavuuden arviointia ja eri vaihtoehtojen edullisuuden vertailua varten on kehitetty tunnuslukuja, joista yleisimmin käytettyjä liikennetaloudellisissa vertailuissa ovat:

- **Hyöty-kustannussuhde (H/K):**
Koko laskenta-ajanjaksolta (yleensä 30 vuotta) perusvuoteen diskontattujen hyötyjen suhde vastaavasti diskontattuihin investointikustannuksiin.
- **Ensimmäisen vuoden tuotto (e):**
Tien ensimmäisen käyttövuoden hyödyt jaettuna kokonaisinvestoinnilla (kuolettava kustannus).

Näiden lisäksi voidaan laskea muitakin tunnuslukuja, joista mainittakoon seuraavat:

- **Hankkeen sisäinen korko:**
Korkokanta, jolla diskontattuna hyöty-kustannussuhde on yksi.
- **Nykyarvo (Pääoma-arvo):**
Kaikkien tarkastelujakson aikana syntyvien hyötyjen ja kustannusten nykyarvojen erotus.

Laskentakaavoja

$$H/K = (B - C + J) / K \quad (\text{nettoperiaatteella laskettuna}) \quad (26)$$

K = perusinvestointi rakennusaikaiset korot mukaan lukien nykyarvoisena

B = liikenteen (+Ymk) hyötyjen nykyarvo

C = käyttökustannusten (Kpk) nykyarvo

J = jäännösarvon nykyarvo

(B ja C summattuina koko laskentajaksolta)

$$e = (b_1 - c_1) / K \quad (27)$$

b₁ = 1. vuoden hyödyt (AK- ja Ymk- säästöt o-vaihtoeht. verraten)

c₁ = 1. vuoden käyttökust. (Kpk-lisäys/säästö)

8.3 Kannattavuuslaskelma

Hankkeen kannattavuuslaskelma tehdään liikenne- ja viestintäministeriön (LVM 2003) ja Tiehallinnon (Tiehallinto 2008) ohjeiden tai niitä koskevien päivitysten mukaisesti. Hankkeen arvioinnissa laskelmaa täydennetään muilla tarvittavilla vaikutus-tarkasteluilla.

Suunniteltujen hankkeiden kannattavuuslaskelma suoritetaan LVM:n ja Liikenneviraston ohjeiden mukaisesti. Hyödyt sekä kustannukset tarkastelujakson ajalta diskontataan nykyhetkeen ja määritetään hyötykustannussuhde (H/K). Hankkeiden kannattavuuslaskelmat esitetään taulukossa E20.

Taulukko E20. Hankkeiden kannattavuuslaskelmat.

Taloudellisuustarkastelu					
	VE 0	VE 0++	VE1	Säästö VE0++	Säästö VE1
Väylänpitäjän hyödyt					
- Kunnossapitokustannukset	4,41	4,44	7,28	-0,04	-2,84
	4,41	4,44	7,28	-0,04	-2,84
Väylän käyttäjän hyödyt					
- Ajoneuvokustannukset					
kevyet autot	120,99	121,32	97,34	-0,33	23,65
raskaat autot	45,68	41,51	31,69	4,18	13,99
yhdistelmät	64,24	58,33	44,52	5,91	19,72
- Aikakustannukset					
kevyet autot	321,75	288,86	237,20	32,89	84,55
raskaat autot	86,34	81,65	64,32	4,69	22,02
yhdistelmät	35,38	33,46	26,36	1,92	9,02
- Onnettomuuskustannukset					
	84,59	79,34	60,83	5,25	23,76
	758,97	704,48	562,25	54,49	196,72
Ulkopuolisten hyödyt					
Melukustannukset	0,27	0,22	0,17	0,05	0,10
Päästökustannukset	26,80	27,30	23,48	-0,49	3,32
	27,08	27,52	23,65	-0,45	3,42
Jäännösarvo				VE 0++ 1,89	VE 1 6,30
HYÖDYT YHTEENSÄ				55,90	203,61
Kustannukset					
Rakentamiskustannukset				32,70	108,98
Rakentamisen aikaiset korot				1,64	8,37
KUSTANNUKSET YHTEENSÄ				34,34	117,35
HYÖTY-KUSTANNUSSUHDE H/K =				1,63	1,73

Hanke on yhteiskuntataloudellisesti kannattava, mikäli hyöty-kustannussuhde on suurempi tai yhtä suuri kuin yksi. Molemmat tässä esimerkissä tarkastellut hankkeet ovat siis kannattavia. Uuden valtatieyhteyden rakentaminen on valtatien loppuosan parantamista kannattavampi vaihtoehto yhteiskuntataloudellisesti.

Lähteet

LVM (2003). Liikenneväylähankkeiden arvioinnin yleisohje. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 34/ 2003. Helsinki 2003.

Tarva (2010). Kuvaus TARVA-ohjelmasta. Tarva-ohjelmiston Internet-sivut. (<http://www.tarva.net/tarvaesittely.asp>)

Tiehallinto (2003). IVAR-ohjelmiston käyttöopas, Suunnitteluvaiheen ohjaus. Tiehallinto, Helsinki 2003.

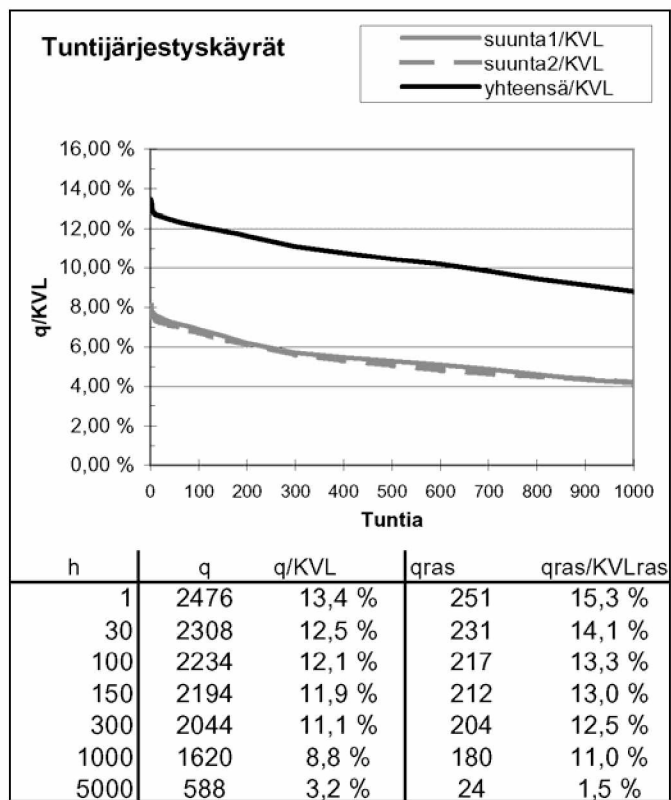
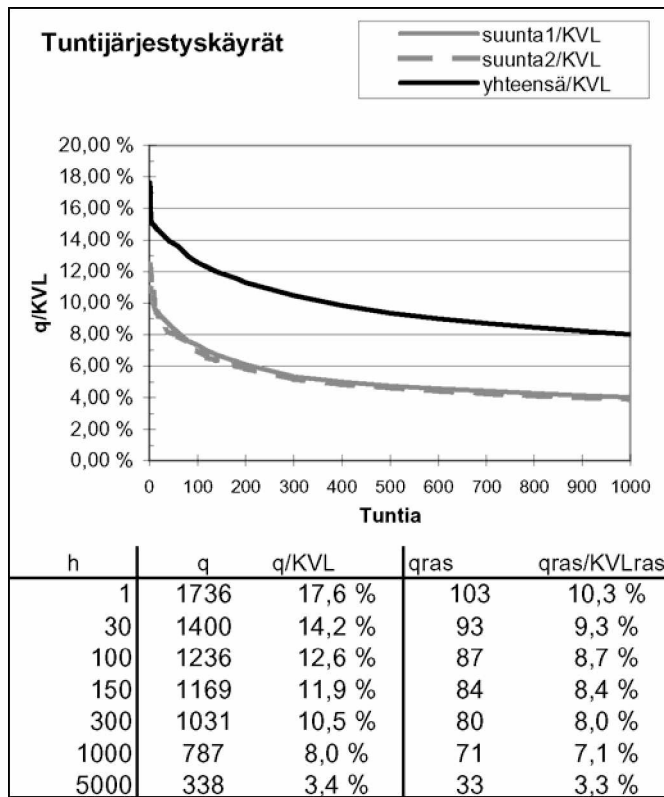
Tiehallinto (2005) Tieliikenteen ajokustannusten laskenta. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Tiehallinto. Helsinki 2005.

Tiehallinto (2007) Tieliikenne-ennuste 2007-2040: Vuoden 2005 ennusteen tarkistaminen. Tulevaisuuden näkymiä 3/2007. Tiehallinto 2007.

Tiehallinto (2008). Tiehankkeiden arviointiohje, Suunnitteluvaiheen ohjaus. Tiehallinto, Helsinki 2008.

VTT (2009). Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt, Liisa 2009 laskentajärjestelmä. VTT-R-05541-10. Liisa laskentajärjestelmän Internet-sivut (<http://lipasto.vtt.fi/liisa/index.htm>).

Tuntijärjestyskäyriä



Polttoaineenkulutusmallin kertoimia yksittäisille ajoneuvolajeille

Kaavan tekijä	Ajoneuvotyyppi		
	Henkilöauto	Pakettiauto	Kevyt tyyppiajoneuvo
Vakio	11,459	13,302	11,605
Vt	-0,15027	-0,19127	-0,15355
Vt ²	0,0010737	0,0013648	0,0010970
dV	0,5513	0,8007	0,5712
Vt*dV	-0,0087890	-0,0132980	-0,0091500
Vt ² *dV	0,00003049	0,00004856	0,00003194
dV ²	0,00109618	0,00165375	0,00114079
mäkisyys	0,055	0,055	0,055

Kaavan tekijä	Ajoneuvotyyppi		
	Linja-auto	Kaip	Raskas tyyppiajoneuvo
Vakio	35,907	44,134	41,255
Vt	-0,57268	-0,77631	-0,70504
Vt ²	0,0047774	0,0064831	0,0058861
dV	2,5503	2,8140	2,7217
Vt*dV	-0,0393215	-0,0428836	-0,0416369
Vt ² *dV	0,00013688	0,00014457	0,00014188
dV ²	0,00341683	0,00383413	0,00368808
mäkisyys	0,278	0,278	0,278

Kaavan tekijä	Ajoneuvotyyppi			
	Kapp	Katp	Yhdistelmä-ajoneuvo	Vanha raskas tyyppiajoneuvo
Vakio	61,410	73,086	70,400	56,700
Vt	-1,05370	-1,18242	-1,15281	-0,94236
Vt ²	0,0083889	0,0092094	0,0090207	0,0075474
dV	4,4190	5,7714	5,4603	4,1732
Vt*dV	-0,0767528	-0,1070863	-0,1001096	-0,0726274
Vt ² *dV	0,00032236	0,00048729	0,00044936	0,00030480
dV ²	0,00700371	0,00869045	0,00830250	0,00613372
mäkisyys	0,593	0,593	0,593	0,445

Keskimääräiset onnettomuus- ja vakavuusasteet

Tarva 4.12 keskimääräiset onnettomuus- ja vakavuusasteet tielinjoilla.

Tieryhmä			Keskimääräinen onnettomuusaste				Vakavuus
			HVJ-onn. / milj. autokm				Kuolleet / 100 onnettomuutta
			Kaikki h-onn.	Auto	Luokittain		Kaikki h-onn.
					Kevyt	Eläin	
Moottori- väylät ja 2-ajorataiset tiet	1 Moottoritie	(1) ≤ 80 km/h	0,033	0,031	0,0022	0,0000	3
		100 km/h	0,035	0,033	0,0006	0,0005	5
		120 km/h	0,030	0,027	0,0005	0,0025	8
	2 Muu 2-ajoratainen	(1) ≤ 70 km/h	0,098	0,081	0,0169	0,0003	3
		≥ 80 km/h	0,045	0,039	0,0054	0,0008	3
	3 Moottoriliikennetie	(1) Kaikki	0,053	0,049	0,0006	0,0030	18
Maaseudun päättiet	4 Leveä, alle 30 as/km ²	(2) ≤ 70 km/h	0,082	0,072	0,0032	0,0066	14
		80 km/h	0,048	0,038	0,0029	0,0069	12
		100 km/h	0,062	0,048	0,0019	0,0119	13
	5 Leveä, vähintään 30 as/km ²	(2) ≤ 70 km/h	0,063	0,041	0,0173	0,0039	0
		80 km/h	0,073	0,060	0,0092	0,0033	6
		100 km/h	0,064	0,051	0,0046	0,0089	13
	6 Kapea, alle 30 as/km ²	(2) ≤ 70 km/h	0,123	0,113	0,0065	0,0033	12
		80 km/h	0,077	0,064	0,0057	0,0071	10
		100 km/h	0,065	0,051	0,0025	0,0120	9
	7 Kapea, vähintään 30 as/km ²	(2) ≤ 70 km/h	0,085	0,071	0,0141	0,0000	7
		80 km/h	0,081	0,064	0,0139	0,0031	14
		100 km/h	0,066	0,054	0,0077	0,0049	12
Maaseudun alempi- asteiset tiet	8 Leveä, alle 30 as/km ²	(2) ≤ 70 km/h	0,125	0,097	0,0243	0,0044	6
		80 km/h	0,072	0,054	0,0077	0,0105	13
		100 km/h	0,076	0,060	0,0056	0,0101	9
	9 Leveä, vähintään 30 as/km ²	(2) ≤ 70 km/h	0,106	0,067	0,0362	0,0026	2
		80 km/h	0,094	0,072	0,0132	0,0093	7
		100 km/h	0,105	0,094	0,0110	0,0000	11
	10 Kapea, alle 15 as/km ²	(2) ≤ 70 km/h	0,158	0,134	0,0169	0,0069	6
		80 km/h	0,121	0,103	0,0078	0,0097	9
		100 km/h	0,087	0,066	0,0043	0,0166	7
	11 Kapea, vähintään 15 as/km ²	(2) ≤ 70 km/h	0,158	0,127	0,0267	0,0044	5
		80 km/h	0,131	0,112	0,0132	0,0053	8
		100 km/h	0,080	0,073	0,0046	0,0023	6
Taajama- tiet	13 Taajamamerkki, KVL < 4000	(3) ≤ 40 km/h	0,234	0,098	0,1345	0,0019	4
		50 km/h	0,176	0,106	0,0688	0,0009	6
		60 km/h	0,152	0,104	0,0480	0,0000	5
	14 Taajamamerkki, KVL ≥ 4000	(3) ≤ 40 km/h	0,210	0,062	0,1479	0,0000	3
		50 km/h	0,148	0,077	0,0707	0,0012	2
		60 km/h	0,133	0,081	0,0509	0,0012	5
	15 Tilastotaajama päätie, KVL < 6000	(3) ≤ 70 km/h	0,098	0,068	0,0280	0,0019	3
		80 km/h	0,087	0,065	0,0196	0,0023	10
		100 km/h	0,068	0,053	0,0102	0,0053	10
	16 Tilastotaajama päätie, KVL ≥ 6000	(3) ≤ 70 km/h	0,085	0,062	0,0212	0,0014	6
		80 km/h	0,068	0,056	0,0106	0,0016	10
		100 km/h	0,076	0,068	0,0033	0,0041	14
	17 Tilastotaajama muu tie, KVL < 2000	(3) ≤ 50 km/h	0,194	0,127	0,0653	0,0019	7
		60–70 km/h	0,156	0,112	0,0402	0,0036	5
		≥ 80 km/h	0,139	0,103	0,0327	0,0034	5
	18 Tilastotaajama muu tie, KVL ≥ 2000	(3) ≤ 50 km/h	0,122	0,072	0,0494	0,0011	6
		60–70 km/h	0,110	0,069	0,0390	0,0020	3
		≥ 80 km/h	0,091	0,065	0,0211	0,0043	7

- 1) Sisältää myös tierekisterin mukaiset taajamatiet (taajamamerkkitaajama ja tilastollinen taajama).
- 2) Ilman taajamateitä. Päätie on kapea, kun sen päällysteleveys on alle 9,5 m, ja muu tie on kapea, kun sen päällysteleveys on alle 8 m.
- 3) Luokittelu taajamateihin taajamamerkin ja tilastollisen taajaman mukaan. Ei moottori-, moottoriliikenne- ja 2-ajorataisten teiden taajamateitä.

HUOM: Taulukossa nopeusrajoitus on valittu kuvaamaan erilaisia tie- ja liikenneolosuhteita. Nopeusrajoituksen muutoksen vaikutusta ei voida arvioida tämän taulukon perusteella, sillä eri nopeusrajoituksen alaiset tiet poikkeavat toisistaan yleensä myös monella muulla tavalla.

Tarva 4.12 keskimääräiset onnettomuusasteet liittymissä.

Tieryhmä	Sivutien osuus ¹⁾	Keskimääräinen onnettomuusaste HVJ-onn./100 milj. saapunutta autoa ²			
		Kaikki h-onn.	Auto	Luokittain Kevyt	Eläin
Kolmihaarainen tasoliittymä, päätie	0 – 5 %	2,2	1,9	0,2	0,0
	6 – 15 %	4,0	3,6	0,4	0,0
	16 – %	6,1	5,7	0,4	0,0
Kolmihaarainen tasoliittymä, muu tie	0 – 5 %	2,4	1,7	0,7	0,0
	6 – 15 %	3,2	2,5	0,7	0,0
	16 – %	3,7	2,7	1,1	0,0
Nelihaarainen tasoliittymä, päätie	0 – 5 %	4,5	4,3	0,3	0,0
	6 – 15 %	8,7	8,0	0,7	0,0
	16 – %	10,0	9,2	0,9	0,0
Nelihaarainen tasoliittymä, muu tie	0 – 5 %	2,4	2,4	0,0	0,0
	6 – 15 %	6,6	5,2	1,4	0,0
	16 – %	9,3	7,3	1,9	0,0
Eritasoliittymä		1,2	1,0	0,2	0,0

- 1) Muiden kuin kahden suuriliikenteisimmän päätiehaaran osuus kaikista liittymään saapuvista ajoneuvoista.
- 2) Saapuvien autojen määrä = liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä vuodessa liittymähaarojen KVL-arvojen perusteella laskettuna.

Liik
enne
vira
sto

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-255-040-8

www.liikennevirasto.fi